

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-243450
(43)Date of publication of application : 28.08.2002

(51)Int.Cl.

G01C 19/56
G01P 9/04
G01P 15/18
G01P 15/09
H01L 29/84
H01L 41/08

(21)Application number : 2001-040447
(22)Date of filing : 16.02.2001

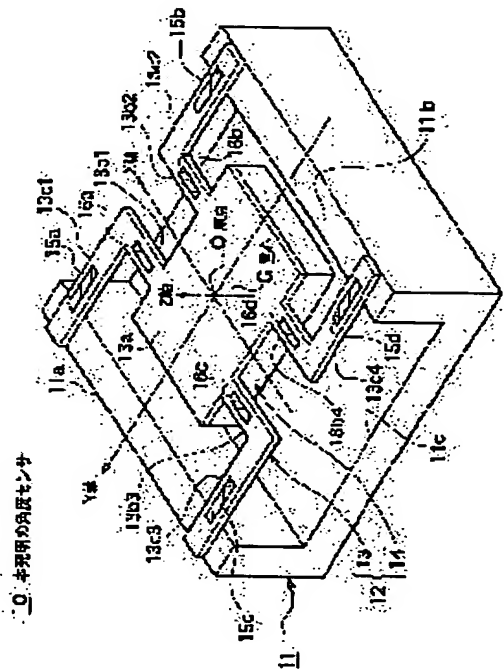
(71)Applicant : VICTOR CO OF JAPAN LTD
(72)Inventor : IZEKI TAKAYUKI

(54) ANGULAR VELOCITY SENSOR, ACCELERATION SENSOR AND ANGULAR VELOCITY/ACCELERATION SENSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an angular velocity sensor having a simple structure and capable of detecting angular velocity with high sensitivity.

SOLUTION: In the angular velocity sensor 10, a weight attaching part 13a and a weight 14 are combined at the central region of a vibrator 12 to form a superposed part consisting of the weight attaching part 13a and the weight 14 and four vibration generation members 15a-15d are integrally provided to four arm parts 13c1-13c4 in order to vibrate the superposed part through four torsion spring parts 13b1-13b4 and four arm parts 13c1-13c4 while four vibration detection members 16a-16d are integrally provided to four torsion spring parts 13a and 14 in order to detect the Coriolis force applied to the superposed part consisting of the weight attaching part 13a and the weight 14 when angular velocity is applied to calculate the angular velocity. The respective outputs of four vibration detection members 16a-16d are combined to perform addition and subtraction to detect the angular velocities in X-axis and Y-axis directions.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基台となる固定部材と、

前記固定部材内の中心部位に3次元直交座標空間のX・Y・Z軸を仮に設定し、重心が3軸の交差点を通るZ軸上に略位置するように重り部を設け、この重り部の上方部位から互いに対向して2対で合計4本の振りバネ部をX軸とY軸とに対して略対称で且つX軸と略平行に外側に向かってそれぞれ延出し、且つ、前記4本の振りバネ部の延出した各先端部位から合計で4本のアーム部をY軸とX軸とに対して略対称で且つY軸と略平行に外側に向かってそれぞれ延出し、更に、前記4本のアーム部の延出した各先端部位を前記固定部材の互いに対向する側面にそれぞれ固定した振動子と、

略一定周期の電圧を印加して前記重り部を前記4本の振りバネ部及び前記4本のアーム部を介して振動させるために、前記4本のアーム部にそれぞれ一体的に設けた4個の振動発生部材と、

角速度が加わった時に前記重り部に加わるコリオリ力を検出して角速度を求めるために、前記4本の振りバネ部にそれぞれ一体的に設けた4個の振動検出部材とを備え、

角速度検出時に前記4個の振動発生部材を駆動させて、前記4個の振動検出部材の各出力を組み合わせて加減算することで、X軸方向及びY軸方向の角速度を検出することを特徴とする角速度センサ。

【請求項2】 基台となる固定部材と、

前記固定部材内の中心部位に3次元直交座標空間のX・Y・Z軸を仮に設定し、重心が3軸の交差点を通るZ軸上に略位置するように重り部を設け、この重り部の上方部位から互いに対向して2対で合計4本の振りバネ部をX軸とY軸とに対して略対称で且つX軸と略平行に外側に向かってそれぞれ延出し、且つ、前記4本の振りバネ部の延出した各先端部位から合計で4本のアーム部をY軸とX軸とに対して略対称で且つY軸と略平行に外側に向かってそれぞれ延出し、更に、前記4本のアーム部の延出した各先端部位を前記固定部材の互いに対向する側面にそれぞれ固定した振動子と、

加速度が加わった時に前記重り部に加わる力を検出して加速度を求めるために、前記4本の振りバネ部にそれぞれ一体的に設けた4個の振動検出部材とを備え、前記4個の振動検出部材の各出力を組み合わせて加減算することで、X軸方向及びY軸方向並びにZ軸方向の加速度を検出することを特徴とする加速度センサ。

【請求項3】 基台となる固定部材と、

前記固定部材内の中心部位に3次元直交座標空間のX・Y・Z軸を仮に設定し、重心が3軸の交差点を通るZ軸上に略位置するように重り部を設け、この重り部の上方部位から互いに対向して2対で合計4本の振りバネ部をX軸とY軸とに対して略対称で且つX軸と略平行に外側に向かってそれぞれ延出し、且つ、前記4本の振りバネ部の

延出した各先端部位から合計で4本のアーム部をY軸とX軸とに対して略対称で且つY軸と略平行に外側に向かってそれぞれ延出し、更に、前記4本のアーム部の延出した各先端部位を前記固定部材の互いに対向する側面にそれぞれ固定した振動子と、

略一定周期の電圧を印加して前記重り部を前記4本の振りバネ部及び前記4本のアーム部を介して振動させるために、前記4本のアーム部にそれぞれ一体的に設けた4個の振動発生部材と、

角速度が加わった時に前記重り部に加わるコリオリ力を検出して角速度を求める一方、加速度が加わった時に前記重り部に加わる力を検出して加速度を求めるために、前記4本の振りバネ部にそれぞれ一体的に設けた4個の振動検出部材と、

前記4個の振動検出部材の各出力からDC変化分をそれぞれ得るDC変化分生成手段とを備え、

前記4個の振動発生部材を駆動させた状態で角速度を検出する場合には、前記4個の振動検出部材の各出力を組み合わせて加減算することで、X軸方向及びY軸方向の角速度を検出する一方、前記4個の振動発生部材を駆動させた状態で加速度を検出する場合には、前記DC変化分生成手段の各出力を組み合わせて加減算することで、X軸方向及びY軸方向並びにZ軸方向の加速度を検出することを特徴とする角速度／加速度兼用センサ。

【請求項4】 基台となる固定部材と、

前記固定部材内の中心部位に3次元直交座標空間のX・Y・Z軸を仮に設定し、重心が3軸の交差点を通るZ軸上に略位置するように重り部を設け、この重り部の上方部位から互いに対向して2対で合計4本の振りバネ部をX軸とY軸とに対して略対称で且つX軸と略平行に外側に向かってそれぞれ延出し、且つ、前記4本の振りバネ部の延出した各先端部位から合計で4本のアーム部をY軸とX軸とに対して略対称で且つY軸と略平行に外側に向かってそれぞれ延出し、更に、前記4本のアーム部の延出した各先端部位を前記固定部材の互いに対向する側面にそれぞれ固定した振動子と、

略一定周期の電圧を印加して前記重り部を前記4本の振りバネ部及び前記4本のアーム部を介して振動させるために、前記4本のアーム部にそれぞれ一体的に設けた4個の振動発生部材と、

角速度が加わった時に前記重り部に加わるコリオリ力を検出して角速度を求める一方、加速度が加わった時に前記重り部に加わる力を検出して加速度を求めるために、前記4本の振りバネ部にそれぞれ一体的に設けた4個の振動検出部材と、

角速度検出時には前記4個の振動発生部材を駆動させ、加速度検出時には前記4個の振動発生部材を非駆動とするための切り換え手段とを備え、

前記4個の振動検出部材の各出力を組み合わせて加減算することで、X軸方向及びY軸方向の角速度を検出し、

又は、X軸方向及びY軸方向並びにZ軸方向の加速度を検出することを特徴とする角速度／加速度兼用センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、振動子の重り部に加わった角速度によって発生するコリオリ力を検出して角速度を求める角速度センサや、振動子の重り部に加わった加速度による力を検出して加速度を求める加速度センサに関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、自動車には安全のためのエアバックや、カーナビゲーションのためのGPS装置を用いる機会が増えてきている。エアバックを作動させるためには事故時の衝撃を測定できる加速度センサが必要であり、またGPS装置にはジャイロなどの角速度センサが必要である。これらの加速度センサや角速度センサをより正確に作動させるためには性能を更に向上させ、また、あらゆる車種に搭載できるようにするために、より安いコストで製造できるようにすることが不可欠である。また、自動車の用途だけでなく、精密電子機器の衝撃感知用として加速度センサが用いられたり、角速度センサはビデオカメラの手ぶれ検知や、船舶、ミサイル、ロボットなどの姿勢制御などにも用いられ、幅広い用途がある。

【0003】これらの加速度センサや角速度センサは、マイクロマシン技術を用いたSi（シリコン）基板加工による技術開発が盛んに行われている。また、これの加速度センサや角速度センサは、半導体で用いられている製造設備を流用でき、一括してパッチ処理できるため生産効率が良くなり低コスト化が可能である。更に、Si基板を用いているので、センサとIC回路とを同じSi基板上に作り込むことができるというメリットもある。これらの研究は、例えば、精密工学会誌Vol. 62, No. 1, 1996の「マイクロマシニングの現状と新たな潮流」（江刺正喜著）などに掲載されている。

【0004】ここで、マイクロマシン技術で作製された加速度センサの従来例として、「センサ・マイクロマシンと応用システムシンポジウム」（平成12年5月；電気学会）の報告例を図11及び図12（A）、（B）に示す。

【0005】図11は従来の加速度センサを分解して示した分解斜視図、図12は従来の加速度センサの動作を説明するための図であり、（A）はX軸方向（Y軸方向）の動作を示し、（B）はZ軸方向の動作を示した図である。

【0006】図11に示した従来の加速度センサ100は、東北大 江刺正喜氏らにより開発されたものであり、この加速度センサ100は、下部ガラス101と、中央部位に形成した重り部102aをX字状のSiビーム梁102bで懸架したSi基板102と、上部ガラ

ス103とを下方から順に3層に積層したものである。

【0007】ここで、下部ガラス101には、X、Y、Z軸方向の加速度検出用として6つのAl電極101aと、フィールドスルー電極101bとが膜付けされている。また、Si基板102内の中央部位には、重り部102aがX字状のSiビーム梁102bによって揺動自在に懸架されている。この際、X字状のSiビーム梁102bは変位可能に周囲をくりぬかれており、このX字状のSiビーム梁102bの近傍にSi電極102cが膜付けされている。また、上部ガラス103は内部を封止するためのものである。

【0008】そして、従来の加速度センサ100は、外部からの振動などによりSi基板102内の重り部102aに加速度が加わった時に、電極間容量（＝Al電極101aとSi電極102cとの間の容量）が変化し、そこで生じる容量差から加速度を求めており、X軸方向（Y軸方向）に対しては図12（A）に示したように重り部102aがX字状のSiビーム梁102bを介してFx方向（又はFy方向）に変位し、Z軸方向に対しては図12（B）に示したように重り部102aがSiビーム梁102bを介してFz方向に変位するので、3軸加速度センサとして機能している。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記した従来の加速度センサ100は、マイクロマシン技術によりSi基板102が作製されているので小型化が可能なのものの、外力による重り部102aの変位量は小さく、感度を上げるのが難しい。このため、加速度検出手段としては静電容量変化を用いる必要があり、下部ガラス101とSi基板102とにそれぞれ別々に電極を膜付けしなければならないため、加速度センサ100の構造形態が複雑で、加速度センサ100の製作工数も大巾にかかってしまうなどの問題点がある。

【0010】また、従来の加速度センサ100は、加速度検出のみであり、仮に、角速度も検出できる構造形態にすると、構造がより複雑になってしまう。

【0011】そこで、比較的簡単な構造形態により、低コストで且つ高感度に角速度の検出が可能な2軸の角速度センサを、また同様、低コストで且つ高感度に加速度の検出が可能な3軸の加速度センサが望まれている。更に、低コストで且つ高感度に角速度の検出と加速度の検出とを兼用できる角速度／加速度兼用センサも望まれている。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、第1の発明は、基台となる固定部材と、前記固定部材内の中心部位に3次元直交座標空間のXYZ軸を仮に設定し、重心が3軸の交差点を通るZ軸上に略位置するように重り部を設け、この重り部の

上方部位から互いに対向して2対で合計4本の振りバネ部をX軸とY軸とに対して略対称で且つX軸と略平行に外側に向かってそれぞれ延出し、且つ、前記4本の振りバネ部の延出した各先端部位から合計で4本のアーム部をY軸とX軸とに対して略対称で且つY軸と略平行に外側に向かってそれぞれ延出し、更に、前記4本のアーム部の延出した各先端部位を前記固定部材の互いに対向する側面にそれぞれ固定した振動子と、略一定周期の電圧を印加して前記重り部を前記4本の振りバネ部及び前記4本のアーム部を介して振動させるために、前記4本のアーム部にそれぞれ一体的に設けた4個の振動発生部材と、角速度が加わった時に前記重り部に加わるコリオリ力を検出して角速度を求めるために、前記4本の振りバネ部にそれぞれ一体的に設けた4個の振動検出部材とを備え、角速度検出時に前記4個の振動発生部材を駆動させて、前記4個の振動検出部材の各出力を組み合わせで加減算することで、X軸方向及びY軸方向の角速度を検出することを特徴とする角速度センサである。

【0013】また、第2の発明は、基台となる固定部材と、前記固定部材内の中心部位に3次元直交座標空間のXYZ軸を仮に設定し、重心が3軸の交差点を通るZ軸上に略位置するように重り部を設け、この重り部の上方部位から互いに対向して2対で合計4本の振りバネ部をX軸とY軸とに対して略対称で且つX軸と略平行に外側に向かってそれぞれ延出し、且つ、前記4本の振りバネ部の延出した各先端部位から合計で4本のアーム部をY軸とX軸とに対して略対称で且つY軸と略平行に外側に向かってそれぞれ延出し、更に、前記4本のアーム部の延出した各先端部位を前記固定部材の互いに対向する側面にそれぞれ固定した振動子と、加速度が加わった時に前記重り部に加わる力を検出して加速度を求めるために、前記4本の振りバネ部にそれぞれ一体的に設けた4個の振動検出部材とを備え、前記4個の振動検出部材の各出力を組み合わせで加減算することで、X軸方向及びY軸方向並びにZ軸方向の加速度を検出することを特徴とする加速度センサである。

【0014】また、第3の発明は、基台となる固定部材と、前記固定部材内の中心部位に3次元直交座標空間のXYZ軸を仮に設定し、重心が3軸の交差点を通るZ軸上に略位置するように重り部を設け、この重り部の上方部位から互いに対向して2対で合計4本の振りバネ部をX軸とY軸とに対して略対称で且つX軸と略平行に外側に向かってそれぞれ延出し、且つ、前記4本の振りバネ部の延出した各先端部位から合計で4本のアーム部をY軸とX軸とに対して略対称で且つY軸と略平行に外側に向かってそれぞれ延出し、更に、前記4本のアーム部の延出した各先端部位を前記固定部材の互いに対向する側面にそれぞれ固定した振動子と、略一定周期の電圧を印加して前記重り部を前記4本の振りバネ部及び前記4本のアーム部を介して振動させるために、前記4本のアーム部にそれぞれ一体的に設けた4個の振動発生部材と、角速度が加わった時に前記重り部に加わるコリオリ力を検出して角速度を求める一方、加速度が加わった時に前記重り部に加わる力を検出して加速度を求めるために、前記4本の振りバネ部にそれぞれ一体的に設けた4個の振動検出部材と、前記4個の振動検出部材の各出力からDC変化分をそれぞれ得るDC変化分生成手段とを備え、前記4個の振動発生部材を駆動させた状態で角速度を検出する場合には、前記4個の振動検出部材の各出力を組み合わせで加減算することで、X軸方向及びY軸方向の角速度を検出する一方、前記4個の振動発生部材を駆動させた状態で加速度を検出する場合には、前記DC変化分生成手段の各出力を組み合わせで加減算することで、X軸方向及びY軸方向並びにZ軸方向の加速度を検出することを特徴とする角速度／加速度兼用センサである。

【0015】更に、第4の発明は、基台となる固定部材と、前記固定部材内の中心部位に3次元直交座標空間のXYZ軸を仮に設定し、重心が3軸の交差点を通るZ軸上に略位置するように重り部を設け、この重り部の上方部位から互いに対向して2対で合計4本の振りバネ部をX軸とY軸とに対して略対称で且つX軸と略平行に外側に向かってそれぞれ延出し、且つ、前記4本の振りバネ部の延出した各先端部位から合計で4本のアーム部をY軸とX軸とに対して略対称で且つY軸と略平行に外側に向かってそれぞれ延出し、更に、前記4本のアーム部の延出した各先端部位を前記固定部材の互いに対向する側面にそれぞれ固定した振動子と、略一定周期の電圧を印加して前記重り部を前記4本の振りバネ部及び前記4本のアーム部を介して振動させるために、前記4本のアーム部にそれぞれ一体的に設けた4個の振動発生部材と、角速度が加わった時に前記重り部に加わるコリオリ力を検出して角速度を求める一方、加速度が加わった時に前記重り部に加わる力を検出して加速度を求めるために、前記4本の振りバネ部にそれぞれ一体的に設けた4個の振動検出部材と、角速度検出時には前記4個の振動発生部材を非駆動とするための切り換え手段とを備え、前記4個の振動検出部材の各出力を組み合わせで加減算することで、X軸方向及びY軸方向の角速度を検出し、又は、X軸方向及びY軸方向並びにZ軸方向の加速度を検出することを特徴とする角速度／加速度兼用センサである。

【0016】

【発明の実施の形態】以下に本発明に係る角速度センサ、加速度センサ及び角速度／加速度兼用センサの一実施例を図1乃至図10を参照して、項目順に詳細に説明する。

【0017】＜角速度センサ＞図1は本発明に係る角速度センサを示した斜視図、図2は図1に示した振動部材

にSi基板を用いた時に、振動部材に形成した4本の振
じりバネ部上及び4本のアーム部上にそれぞれ膜付け
した振動発生部材及び振動検出部材を拡大して示した断面
図、図3は図1に示した振動部材に圧電結晶材料基板を
用いた時に、振動部材に形成した4本の振じりバネ部上
及び4本のアーム部上にそれぞれ膜付けした振動発生部
材及び振動検出部材を拡大して示した断面図、図4は本
発明に係る角速度センサにおいて、振動子の動作を説明
するために模式的に示した図であり、(A)は振動部材
に固着した重り部にコリオリ力CFのX軸方向成分CF_x
が加わった状態を示し、(B)は振動部材に固着した
重り部にコリオリ力CFのY軸方向成分CF_yが加わっ
た状態を示した図、図5は本発明の変形例の角速度セン
サを示した斜視図である。

【0018】図1に示した如く、本発明に係る角速度セン
サ10では、基台となる固定部材11が剛性を有する
材料を用いて外観形状を略直方体に形成され、且つ、互
いに対向する側面固定部11a、11b間を凹状に肉抜き
して凹部11cが内部に形成されている。ここで、固
定部材11内の中心部位に3次元直交座標空間のXYZ
軸を仮に設定して以下説明する。

【0019】また、固定部材11の互いに対向する側面
固定部11a、11b上には、振動子12が揺動自在に
取り付けられている。

【0020】上記した振動子12は、薄板状のSi基板
(Siウェハ)を用いた振動部材13の中央部位に重り
取付部13aを略矩形状に形成し、この重り取付部13
aの裏面に略矩形状の重り14を一体的に固着して、両
者13a、14を合わせて重り部とし、且つ、重り14
側を固定部材11の凹部11c内に進入させている。こ
の際、重り取付部13aと重り14とを合わせた重り部
は、その重心Gが3軸の交差点(以下、原点と記す)O
を通るZ軸上に略位置するように設けられており、こ
うZ軸は重力方向と対応している。

【0021】また、振動部材13の重り取付部13aの
中心部位を上記した原点Oに設定すると、上記した振
動子12は、振動部材13の重り取付部13a(重り部の
上方部位)から互いに対向して2対で合計4本の振りバ
ネ部13b1~13b4をX軸とY軸とに対して略対称
で且つX軸と略平行に外側に向かってそれぞれ延出し、
且つ、4本の振りバネ部13b1~13b4の延出した
各先端部位から合計で4本のアーム部13c1~13c
4をY軸とX軸とに対して略対称で且つY軸と略平行に
外側に向かってそれぞれ延出し、更に、4本のアーム部
13c1~13c4の延出した各先端部位を固定部材1
1のうちでX軸に対して略平行な側面固定部11a、1
1b上に取り付けている。

【0022】この際、振動部材13に形成した4本の振
じりバネ部13b1~13b4のうちで振じりバネ部1
3b1と振じりバネ部13b3との対が重り取付部13

aを介してY軸に対して対称となり且つ振じりバネ部1
3b2と振じりバネ部13b4との対も重り取付部13
aを介してY軸に対して対称となり、振じりバネ部の各
対(13b1、13b3)、(13b2、13b4)同
士はX軸に対して対称に設けられている。一方、振動部
材13に形成した4本のアーム部13c1~13c4の
うちで、アーム部13c1とアーム部13c2との対が
X軸に対して対称となり且つアーム部13c3とアーム
部13c4との対もX軸に対して対称となり、アームの
各対(13c1、13c2)、(13c3、13c4)
同士はY軸に対して対称に設けられている。

【0023】更に、振動部材13に形成した4本の振じ
りバネ部13b1~13b4と4本のアーム部13c1
~13c4はL字状に交わっていると共に、両部共に巾
狭く且つ薄肉厚で弾性変位可能に形成されている。

【0024】これにより、振動部材13に形成した重り
取付部13aと重り14とを合わせた重り部は、ある方
向に力が働くと、その上方部位が4本の振じりバネ部1
3b1~13b4で接続されているのでそこを支点軸と
して、重り取付部13aと重り14とを合わせた重り部
の重心Gの周りにモーメントが働き、重り14は力の方
向に傾斜する。その時、4本の振じりバネ部13b1~
13b4と4本のアーム部13c1~13c4とに撓み
が発生する構造になっている。

【0025】この際、重り取付部13aと重り14とを
合わせた重り部の重心Gの位置を、Z軸上で4本の振じ
りバネ部13b1~13b4及び4本のアーム部13c
1~13c4より離れた下方の位置に設定するように重
り14の形状を設計すれば、重り14をより大きく傾け
ることができる。

【0026】次に、上記した振動部材13の重り取付部
13aの裏面に重り14を固着して揺動自在な振動子1
2を角速度センサとして用いる場合について説明する。

【0027】まず、振動部材13に形成した4本のア
ーム部13c1~13c4上には、4個の振動発生部材1
5a~15dがそれぞれ一体的に膜付けされており、ま
た、振動部材13に形成した4本の振じりバネ部13b
1~13b4上には、4個の振動検出部材16a~16
dがそれぞれ一体的に膜付けされている。

【0028】ここで、図2(A)に拡大して示した如
く、上記した振動発生部材15a~15d及び振動検出
部材16a~16dは、薄板状のSi基板上に絶縁膜
と、下電極と、圧電膜と、上電極とを順に積層して膜付
けたものであり、両者は全ての上下電極、圧電材料を
同じものを用いることができ、薄膜プロセスを用いて膜
付け、パターンニングを一括して行える製造上のメリッ
トがある。

【0029】尚、上記した実施例では振動部材13に薄
板状のSi基板を用いたが、薄板状のSi基板に代え
て、振動部材13に水晶、ランガサイトなどの圧電結晶

材料基板を用いた場合には、図3（A）に拡大して示した如く、上記した振動発生部材15a～15d及び振動検出部材16a～16dは、圧電結晶材料基板の上下の面上に電極と、下電極をそれぞれ直接膜付けすれば良いものである。

【0030】次に、上記構造による角速度センサ10は、回転、もしくは振動している物体に角速度が加わったときに発生するコリオリ力CFを測定することで角速度が得られる。このコリオリ力CFは、 $CF = -2m\Omega V$

（但し、m：振動子12の質量、 Ω ：角速度、V：振動子12の速度）で表せられる。

【0031】そして、振動部材13の重り取付部13aの裏面に固着した重り14を振動させるためには、振動発生部材15a～15dの上下電極を介して全てに同方向の正弦波の電圧を印加すると、その周波数に応じて重り14は振動部材13を介して上下振動する。この時、与える正弦波の周波数はこの構造体が有する共振周波数以下でなければならない。また、振動子12を共振周波数で振動させれば、少ない駆動電圧で大きな振動変位を得ることができる。尚、振動発生部材15a～15dの上下電極をいずれか2対ずつ逆位相で電圧を印加すれば、重り14は上下振動ではなく、周知の光偏向器のように回転振動するが、このような駆動方法でも良い。

【0032】次に、振動部材13の重り取付部13aの裏面に固着した重り14が上下振動している時に角速度が加わった場合について考える。前述したように、振動部材13に形成した4本の振じりバネ部13b1～13b4に平行な方向をX軸方向、この4本の振じりバネ部13b1～13b4に直交する方向をY軸方向とすると、まず、X軸周りに角速度が加わった場合、図4

（A）に模式的に示したように、角速度によって生じるコリオリ力CFのX軸方向成分CFxが重り取付部13aと重り14とを合わせた重り部の重心Gに対してX軸方向に働くが、重り部の上方部位は4本の振じりバネ部13b1～13b4で支えられているため、この部分を支点としてコリオリ力CFのX軸方向成分CFxが重り部の重心Gに回転のモーメントを与える。この結果、図示右側の振じりバネ部（13b1、13b2）は上方向に、図示左側の振じりバネ部（13b3、13b4）は下方向に撓む。この時、4本の振じりバネ部13b1～13b4上にそれぞれ膜付けした振動検出部材16a～16dの圧電膜はピエゾ逆電圧効果により4本の振じりバネ部13b1～13b4の撓み量に応じた電圧がそれぞれ発生する。この場合、4本の振じりバネ部13b1～13b4の撓みから発生する振動検出部材16a～16dの各出力をそれぞれ16a、16b、16c、16dとすると、コリオリ力CFのX軸方向成分CFxにより発生するピエゾ出力は、 $CFx = \{ (16a + 16b) - (16c + 16d) \}$

となり、この値を角速度換算してX軸周りの角速度 Ω_x を求めることができる。

【0033】また、Y軸周りに角速度が加わった場合も同様、図4（B）に模式的に示したように、角速度によって生じるコリオリ力CFのY軸方向成分CFyは重り取付部13aと重り14とを合わせた重り部の重心Gに対してY軸方向に働くが、重り部の上方部位は4本の振じりバネ部13b1～13b4で支えられているため、この部分を支点としてコリオリ力CFのY軸方向成分CFyが重り14の重心Gに回転のモーメントを与える。この結果、振じりバネ部13b1、13b3は下方向に、振じりバネ部13b2、13b4は上方向に撓む。この場合、コリオリ力CFのY軸方向成分CFyにより4本の振じりバネ部13b1～13b4の撓みから発生する振動検出部材16a～16dのピエゾ出力は、 $CFy = \{ (16a + 16c) - (16b + 16d) \}$ となり、この値を角速度換算してY軸周りの角速度 Ω_y を求めることができる。

【0034】このように、上記した本発明の角速度センサ10は、4本の振じりバネ部13b1～13b4の撓みから発生するピエゾ出力を独立に検出し、それぞれのピエゾ出力値の加減算により2軸の角速度を高感度に検出することができる。

【0035】尚、上記した本発明の角速度センサ10の実施形態では、振動部材13の中央部位に形成した重り取付部13aとこの裏面に固着した重り14とを略矩形状に形成したが、両者を合わせた重り部の形状は略矩形に限られるものでもなく、重り部は円形状であってもこの重り部の上方部位から互いに対向して2対で合計4本の振じりバネ部13b1～13b4を形成することが可能である。

【0036】上記構成による本発明の角速度センサ10は、振動部材13の中央部位に形成した重り取付部13aの裏面に重り14を固着させて振動子12を揺動自在に形成しているので、振動部材13は半導体用のSi基板又は圧電結晶材料基板を用いることができるので、角速度センサ10を安価に作製することができる。

【0037】次に、本発明の変形例の角速度センサ20について図5を用いて簡略に説明する。

【0038】図5に示した如く、本発明の変形例の角速度センサ20は、振動子の形状が、先に図1を用いて説明した本発明の角速度センサ10の振動子の形状と略同じに形成されているものの、ここでは単結晶Si材などを用いて、固定部及び振動子共に全てマイクロマシン技術により一体的に形成されている。

【0039】即ち、本発明の変形例の角速度センサ20は、単結晶Si材などを用いて外観形状が略直方状の枠体21を形成し、この枠体21の外周部位に沿って固定枠部21aを四角状に形成すると共に、固定枠部21aの内側の周辺部位を肉抜きしている。ここで、枠体21

内の中心部位に3次元直交座標空間のXYZ軸を仮に設定して以下説明する。

【0040】また、固定枠部21aの内側の互いに対向する側面固定部21a1, 21a2側からそれぞれ2本ずつ間隔を離して、合計で4本のアーム部21b1~21b4をY軸に沿って内側に向かって延出させ、更に、4本のアーム部21b1~21b4の延出した先端部位から4本の振りバネ部21c1~21c4をX軸に沿って内側に向かって延出させ、この4本の振りバネ部21c1~21c4の延出した先端部位に重量のある重り部21dを一体に支持している。この際、4本のアーム部21b1~21b4及び4本の振りバネ部21c1~21c4より重り部21dの重心Gが下方に位置するように重り部21dを支持している。従って、枠体21の内側の中央部位に重り部21dが位置し、且つ、重り部21dの重心GはZ軸上にある。また、4本のアーム部21b1~21b4と4本の振りバネ部21c1~21c4は、L字状に形成されていると共に、各対のアーム部(21b1, 21b2), (21b3, 21b4)はX軸を中心にして互いに対向して対称に設けられ、且つ、各対の振りバネ部(21c1, 21c3), (21c2, 21c4)は、重り部21dを介してY軸を中心にして互いに対向して対称に設けられている。更に、重り部21dをX軸、Y軸、Z軸方向に変位させるために、4本のアーム部21b1~21b4と4本の振りバネ部21c1~21c4は巾狭く且つ薄肉で弾性変位可能に形成されている。

【0041】そして、枠体21内に一体形成した4本のアーム部21b1~21b4と4本の振りバネ部21c1~21c4と重り部21dとで振動子を構成している。更に、4本のアーム部21b1~21b4上には、先の図2(A)に示したと同様の構造の振動発生部材22a~22dがそれぞれ膜付けされており、また、4本の振りバネ部21c1~21c4上にも、先の図2(A)に示したと同様の構造の振動検出部材23a~23dがそれぞれ膜付けされている。

【0042】上記構成による本発明の変形例の角速度センサ20は、先に説明した本発明の角速度センサ10と同じ動作で角速度を高感度に検出できると共に、全ての構成部が一体的に形成されているため、コストは高価となるものの、寸法精度を正確に位置出しでき、高品質、高信頼性の角速度センサ20を提供できる。

【0043】<加速度センサ>図6は本発明に係る加速度センサを示した斜視図、図7は本発明に係る加速度センサにおいて、振動子の動作を説明するために模式的に示した図であり、(A)は振動部材に固着した重りに加速度による力FのX軸方向成分F_xが加わった状態を示し、(B)は振動部材に固着した重りに加速度による力FのY軸方向成分F_yが加わった状態を示し、(C)は振動部材に固着した重りに加速度による力FのZ軸方向

成分F_zが加わった状態を示した図、図8は本発明の変形例の加速度センサを示した斜視図である。

【0044】図6に示した如く、本発明に係る加速度センサ30は、先に図1を用いて説明した本発明に係る角速度センサ10と基本的な構造が同じであるものの、この加速度センサ30では、振動子12の振動部材13に形成した4本のアーム部13c1~13c4上にそれぞれ膜付けした振動発生部材15a~15dを削除したものである。説明の便宜上、先に示した構成部材と同一構成部材に対しては同一の符号を付して説明する。

【0045】従って、本発明に係る加速度センサ30では、振動子12の振動部材13に形成した4本の振りバネ部13b1~13b4上に振動検出部材16a~16dのみを膜付けしている。この際、振動検出部材16a~16dは4本の振りバネ部13b1~13b4に接続して4本のアーム部13c1~13c4上まで延ばして膜付けしても良く、この場合にはより大きな検出の出力を得ることが可能である。

【0046】次に、上記構造による加速度センサ30は、振動部材13の重り取付部13aの裏面に固着した重り14に加速度が加わった時、そこに働く力Fは、 $F = m\alpha$ (但し、m: 振動子12の質量、 α : 加速度) なので、加速度は力Fを測定することで求めることができる。

【0047】この際、角速度センサ10の時と同様、振動部材13に形成した4本の振りバネ部13b1~13b4に平行な方向をX軸方向、この4本の振りバネ部13b1~13b4に直交する方向をY軸方向、振動子12の上下方向をZ軸方向とする。

【0048】まず、X軸方向に加速度が加わったとき、図6(A)に模式的に示したように、加速度によって生じる力FのX軸方向成分F_xが重り取付部13aと重り14とを合わせた重り部の重心Gに対してX軸方向に働くが、重り部の上方部位は4本の振りバネ部13b1~13b4で支えられているので、角速度センサ10の時と同様、この部分を支点として重り部の重心Gには回転モーメントが働き、図示右側の振りバネ部(13b1, 13b2)は上方向に、図示左側の振りバネ部(13b3, 13b4)は下方向に撓む。この時、4本の振りバネ部13b1~13b4上にそれぞれ膜付けした振動検出部材16a~16dの圧電膜はピエゾ逆電圧効果により4本の振りバネ部13b1~13b4の撓み量に応じた電圧がそれぞれ発生する。この場合、4本の振りバネ部13b1~13b4の撓みから発生する振動検出部材16a~16dの出力をそれぞれ16a, 16b, 16c, 16dとすると、力FのX軸方向成分F_xにより発生するピエゾ出力は、 $F_x = \{ (16a + 16b) - (16c + 16d) \}$ となり、この値を加速度換算してX軸方向の加速度 α_x を求めることができる。

【0049】また、Y軸方向に加速度が加わった時は、図6（B）に模式的に示したように、加速度によって生じる力FのY軸方向成分F_yが重り取付部13aと重り14とを合わせた重り部の重心Gに対してY軸方向に働くが、重り部の上方部位は4本の振じりバネ部13b1～13b4で支えられているので、角速度センサ10の時と同様、この部分を支点として重り部の重心Gには回転モーメントが働き、振じりバネ部13b1、13b3は下方向に、振じりバネ部13b2、13b4は上方向に撓む。この場合、力FのY軸方向成分F_yにより4本の振じりバネ部13b1～13b4の撓みから発生する振動検出部材16a～16dのピエゾ出力は、 $F_y = \{ (16a + 16c) - (16b + 16d) \}$ となり、この値を加速度換算してY軸方向の加速度 α_y を求めることができる。

【0050】更に、Z軸方向に加速度が加わったときは、図6（C）に断面して模式的に示したように、加速度によって生じる力FのZ軸方向成分F_zが重り取付部13aと重り14とを合わせた重り部の重心Gに対してZ軸方向に働くことにより、重り部は上方向（又は下方向）に動く。この時、4本の振じりバネ部13b1～13b4は全て上方向（又は下方向）に撓む。この場合、力FのZ軸方向成分F_zにより4本の振じりバネ部13b1～13b4の撓みから発生する振動検出部材16a～16dのピエゾ出力は、 $F_z = (16a + 16b + 16c + 16d)$ となり、この値を加速度換算してZ軸方向の加速度 α_z を求めることができる。

【0051】このように、上記した本発明の加速センサ30は、4本の振じりバネ部13b1～13b4の撓みから発生するピエゾ出力を独立に検出し、それぞれのピエゾ出力値の加減算により3軸の加速度を高感度に検出することができる。

【0052】次に、本発明の変形例の加速度センサ40について図8を用いて簡略に説明する。

【0053】図8に示した如く、本発明の変形例の加速度センサ40は、先に図5を用いて説明した本発明の変形例の角速度センサ20と基本的な構造が同じであるものの、この加速度センサ40では、4本のアーム部21b1～21b4上に膜付けした振動発生部材22a～22dを削除したものであるため、同一の符号を付して図示のみとする。

【0054】＜角速度／加速度兼用センサ＞図9は本発明に係る角速度／加速度兼用センサを説明するためのブロック図、図10は本発明に係る角速度／加速度兼用センサにおいて、振動発生部材に正弦波を印加した状態で加速度を検出する動作を説明するための図である。

【0055】図9に示した本発明に係る角速度／加速度兼用センサ50は、先に図1を用いて説明した本発明に係る角速度センサ10の構造又は図5を用いて説明した

本発明の変形例の角速度センサ20の構造をそのまま適用して角速度と、加速度とを検出できるように構成したものである。

【0056】尚、以下の説明では、本発明に係る角速度／加速度兼用センサ50として、先に説明した本発明に係る角速度センサ10を用いた場合について図1を併用して説明し、本発明の変形例の角速度センサ20を用いた場合については図9中に振動検出部材23a～23dをカッコ内に示して説明を省略する。

【0057】上記した角速度／加速度兼用センサ50では、振動発生部材15a～15dに同方向の正弦波をそれぞれ印加した状態で、角速度と、加速度とを検出しているが、振動発生部材15a～15dに正弦波を印加すると、振動部材13の重り取付部13aの裏面に固着した重り14が上下に振動するので、4本の振じりバネ部13b1～13b4上にそれぞれ膜付けした振動検出部材16a～16dの圧電膜はピエゾ逆電圧効果により4本の振じりバネ部13b1～13b4の撓み量に応じた電圧がそれぞれ発生する。

【0058】ここで、角速度を検出する場合には、前述したように、4本の振じりバネ部13b1～13b4の撓みから発生する振動検出部材16a～16dの各出力をそれぞれ16a、16b、16c、16dとすると、コリオリ力CFのX軸方向成分CF_xにより発生するピエゾ出力は、

$CF_x = \{ (16a + 16b) - (16c + 16d) \}$ となり、一方、コリオリ力CFのY軸方向成分CF_yにより発生するピエゾ出力は、

$CF_y = \{ (16a + 16c) - (16b + 16d) \}$ となるので、CF_x、CF_yの各値を角速度換算してX軸、Y軸周りの角速度 Ω_x 、 Ω_y を求めることができる。

【0059】次に、加速度を検出する場合には、図9に示した如く、振動検出部材16a～16dの各出力からDC変化分をそれぞれ求めるためのDC変化分生成手段として、減算器51A～51Dと、HPF（ハイパスフィルタ）52A～52Dと、位相調整器53A～53Dとを追加にしている。

【0060】ここで、図10に示したように、振動発生部材15a～15dに正弦波を印加すると、振動検出部材16a～16dの出力は、角速度によるコリオリ力の発生によって角速度成分が得られ、この後、重り取付部13aと重り14とを合わせた重り部に加速度が加わると、加速度による力の発生で、角速度成分がDC（直流）的に変位し、このDC変化分が加速度成分となるものである。

【0061】従って、上記の動作原理から、図9に示したように、振動検出部材16a～16dの各出力を、減算器51A～51Dと、HPF（ハイパスフィルタ）52A～52Dとに入力している。そして、HPF52A～52Dで角速度成分を取り出して、このHPF52A

～52Dの各出力を位相調整器53A～53Dで減算器51A～51Dに入力した振動検出部材16a～16dからの各出力に対して位相合わせをする。この後、減算器51A～51D内では、ここに入力した振動検出部材16a～16dからの各出力と、位相調整器53A～53Dからの各出力とを減算することで、加速度による力の発生で角速度成分がDC（直流）的に変位した時のDC変化分51a～51dが得られる。

【0062】この後、減算器51A～51Dからの各DC変化分51a～51dを組み合わせて加減算器54で加減算することで、X軸方向及びY軸方向並びにZ軸方向の加速速度を検出している。即ち、加減算器54では、X軸方向のDC変化分DCxと、Y軸方向のDC変化分DCyと、Z軸方向のDC変化分DCzとを下記の式からそれぞれ求めている。

【0063】

$$DCx = \{ (51a + 51b) - (51c + 51d) \}$$

$$DCy = \{ (51a + 51c) - (51b + 51d) \}$$

$$DCz = (51a + 51b + 51c + 51d)$$

そして、得られたDCx、DCy、DCzの各値を加速度換算してX軸方向の加速度 α_x 、Y軸方向の加速度 α_y 、Z軸方向の加速度 α_z を求めることができる。

【0064】上記した本発明の角速度／加速度兼用センサ50は、とくに、加速度検出用として4個の振動検出部材16a～16dの各出力からDC変化分を求めるためのDC変化分生成手段を追加するだけで、4個の振動発生部材15a～15dを駆動させた状態で、角速度と加速度とを兼用して検出することができる。

【0065】次に、本発明に係る角速度／加速度兼用センサの変形例について簡略に説明する。この変形例の場合には、先に図1、図5に示した角速度センサ10、20の技術的思想と、先に図6、図7に示した加速度センサ30、40の技術的思想とを組み合わせたものである。

【0066】即ち、先に図1、図5に示した角速度センサ10、20は、4本のアーム部（13c1～13c4）、（21b1～21b4）上にそれぞれ膜付けした4個の振動発生部材（15a～15d）、（22a～22d）を駆動させた時には、角速度センサ10、20として機能し、4個の振動発生部材（15a～15d）、（22a～22d）を駆動させない非駆動時には加速度センサ30、40と等価となるので、図2（B）、図3（B）に示したように、振動発生部材（15a～15d）、（22a～22d）の上電極と下電極との間に角速度検出と加速度検出とを切り換えるための切り換え手段（スイッチ）SWを設けることにより、同じ構造体で角速度／加速度兼用センサとしても用いることも可能である。

【0067】

【発明の効果】以上詳述した本発明に係る角速度セン

サ、加速度センサ及び角速度／加速度兼用センサにおいて、請求項1記載の角速度センサによると、とくに、略一定周期の電圧を印加して振動子の中央部位に形成した重り部を4本の振りバネ部及び4本のアーム部を介して振動させるために、4本のアーム部にそれぞれ一体的に設けた4個の振動発生部材と、角速度が加わった時に重り部に加わるコリオリ力を検出して角速度を求めるために、4本の振りバネ部にそれぞれ一体的に設けた4個の振動検出部材とを備えているので、4個の振動検出部材の各出力を組み合わせて加減算することで、X軸方向及びY軸方向の角速度を高感度に検出することができ、しかも、構造が非常に簡単で、通常の半導体製造プロセスで作製することが可能なので、低コスト化が可能である。

【0068】また、請求項2記載の加速度センサによると、とくに、振動子の中央部位に形成した重り部を4本の振りバネ部及び4本のアーム部を介して揺動可能に支持した際、加速度が加わった時に重り部に加わる力を検出して加速度を求めるために、4本の振りバネ部にそれぞれ一体的に設けた4個の振動検出部材を備えているので、4個の振動検出部材の各出力を組み合わせて加減算することで、X軸方向及びY軸方向並びにZ軸方向の加速度を高感度に検出することができ、しかも、構造が非常に簡単で、通常の半導体製造プロセスで作製することが可能なので、低コスト化も可能である。

【0069】また、請求項3記載の角速度／加速度兼用センサによると、上記した請求項1記載の角速度センサの構造を適用し、とくに、加速度検出用として4個の振動検出部材の各出力からDC変化分を求めるためのDC変化分生成手段を追加するだけで、4個の振動発生部材を駆動させた状態で、角速度と加速度とを兼用して検出することができる。

【0070】また、請求項4記載の角速度／加速度兼用センサによると、上記した請求項1記載の角速度センサの構造を適用し、更に、角速度検出時には4個の振動発生部材を駆動する一方、加速度検出時には4個の振動発生部材を非駆動とするための切り換え手段を備えたので、請求項1記載と同様の効果が得られる上で、使い勝手の良い角速度／加速度兼用センサを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る角速度センサを示した斜視図である。

【図2】図1に示した振動部材にSi基板を用いた時に、振動部材に形成した4本の振りバネ部上及び4本のアーム部上にそれぞれ膜付けした振動発生部材及び振動検出部材を拡大して示した断面図である。

【図3】図1に示した振動部材に圧電結晶材料基板を用いた時に、振動部材に形成した4本の振りバネ部上及び4本のアーム部上にそれぞれ膜付けした振動発生部材及び振動検出部材を拡大して示した断面図である。

【図4】本発明に係る角速度センサにおいて、振動子の動作を説明するために模式的に示した図である。

【図5】本発明の変形例の角速度センサを示した斜視図である。

【図6】本発明に係る加速度センサを示した斜視図である。

【図7】本発明に係る加速度センサにおいて、振動子の動作を説明するために模式的に示した図である。

【図8】本発明の変形例の加速度センサを示した斜視図である。

【図9】本発明に係る角速度／加速度兼用センサを説明するためのブロック図である。

【図10】本発明に係る角速度／加速度兼用センサにおいて、振動発生部材に正弦波を印加した状態で加速度を検出する動作を説明するための図である。

【図11】従来の加速度センサを分解して示した分解斜視図である。

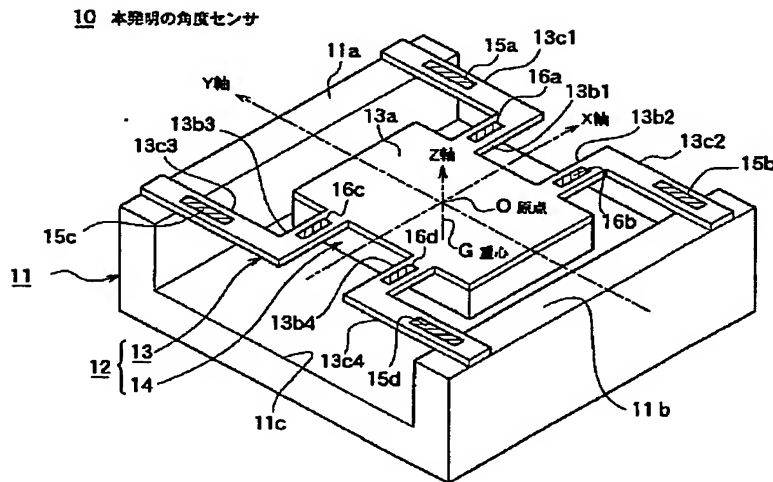
【図12】従来の加速度センサの動作を説明するための

図である。

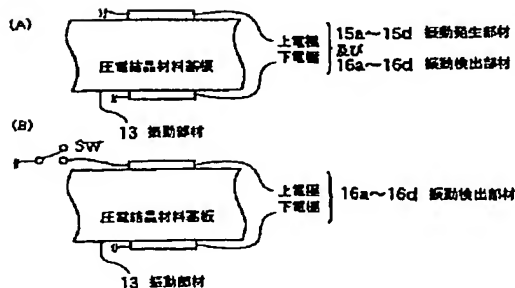
【符号の説明】

10…本発明の角速度センサ、11…固定部材、11a、11b…側面固定部、11c…凹部、12…振動子、13…振動部材、13a…重り取付部、13b1～13b4…4本の振りバネ部、13c1～13c4…4本のアーム部、15a～15d…振動発生部材、16a～16d…振動検出部材、20…本発明の変形例の角速度センサ、21…枠体、21a…固定枠部、21a1、21a2…側面固定部、21b1～21b4…4本のアーム部、21c1～21c4…4本の振りバネ部、22a～22d…振動発生部材、23a～23d…振動検出部材、30…本発明の加速度センサ、40…本発明の変形例の加速度センサ、50…角速度／加速度兼用センサ、51A～51D…減算器、52A～52D…HPF（ハイパスフィルタ）、53A～53D…位相調整器、54…加減算器。

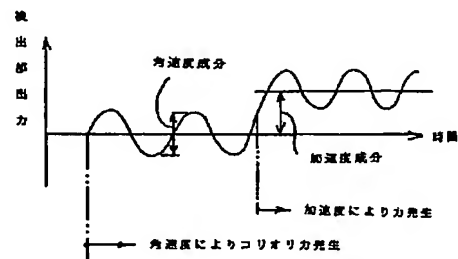
【図1】



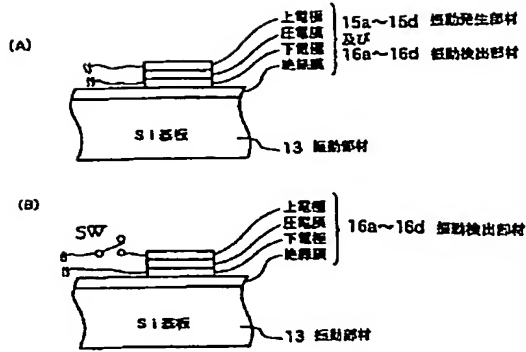
【図3】



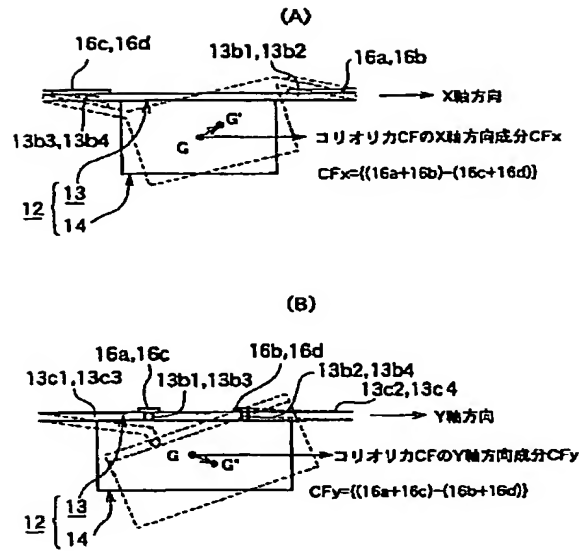
【図10】



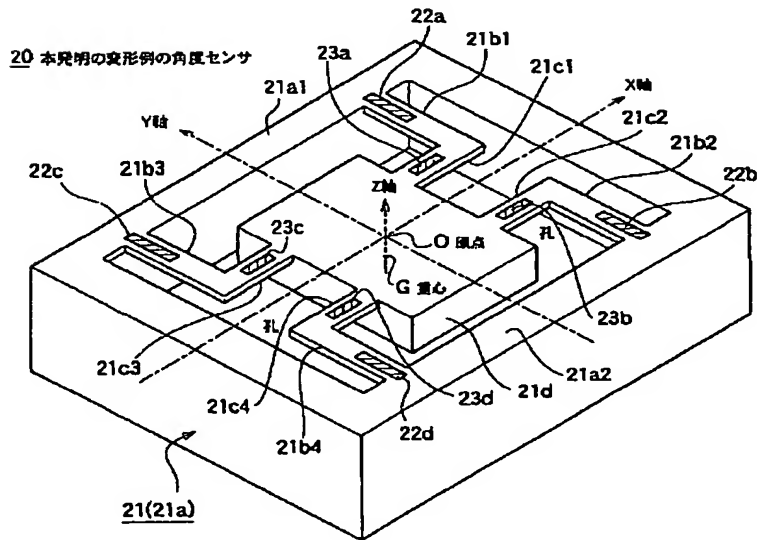
【図2】



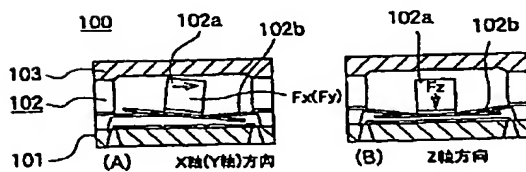
【図4】



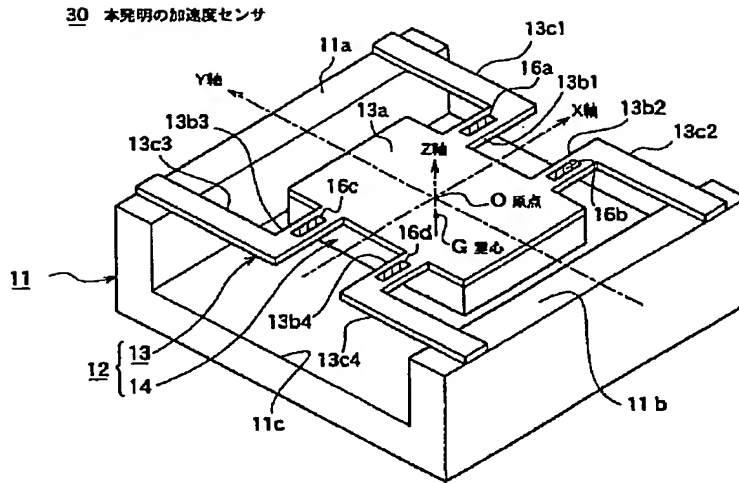
【図5】



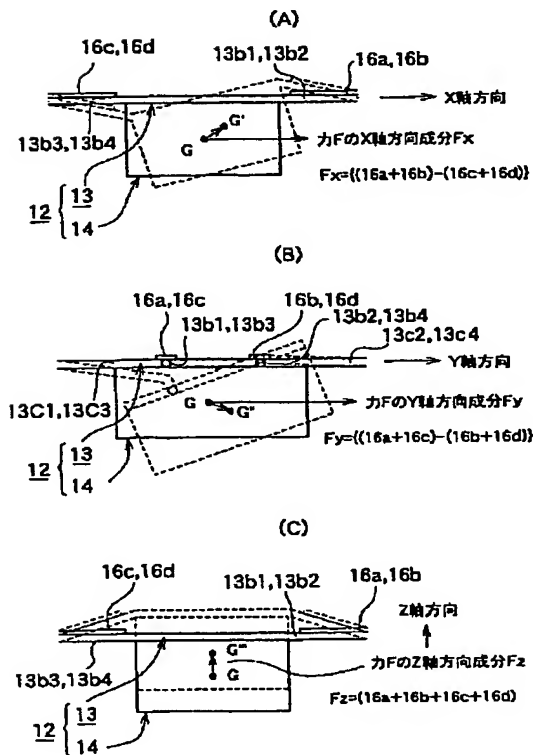
【図12】



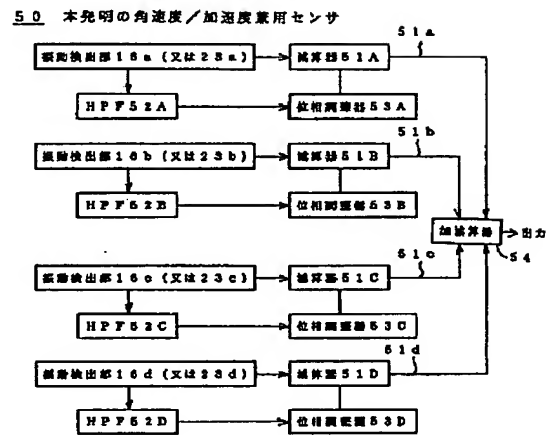
【図6】



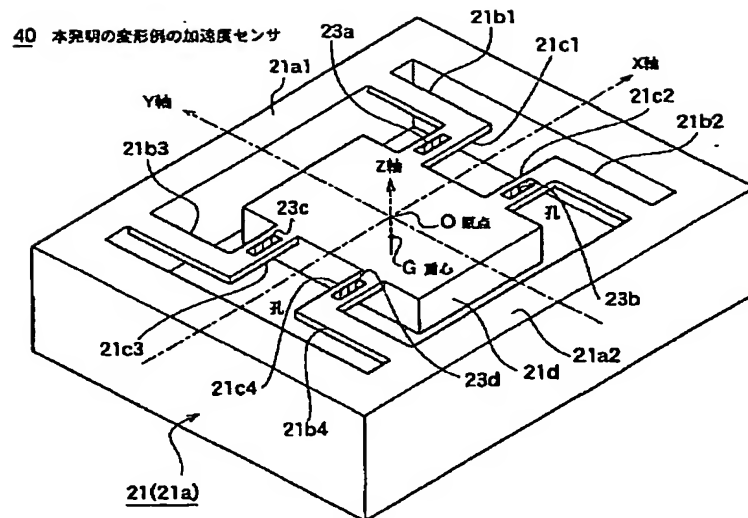
【図7】



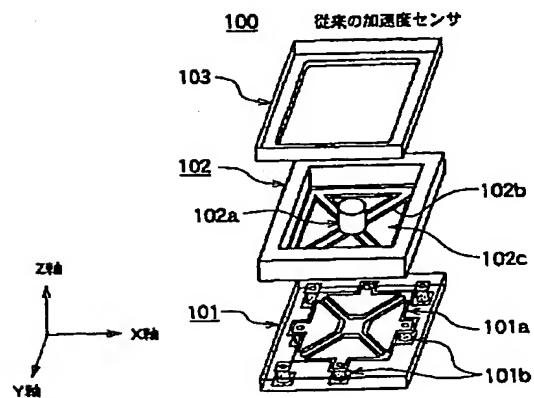
【図9】



【図 8】



【図 11】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷
H 0 1 L 41/08

識別記号

F I
H 0 1 L 41/08

テーマコード (参考)
Z

THIS PAGE BLANK (USPTO)